

WIRKUNG VON FLUOR AUF DIE MYKORRHIZA VON *PINUS SYLVESTRIS*

von Simon Egli¹ und Harm Oterdoom¹

RÉSUMÉ

L'influence du fluor sur les mycorhizes du Pin sylvestre

On peut constater certaines différences dans les caractères morphologiques et anatomiques de mycorhizes d'arbres (*Pinus sylvestris*) ayant subi des dommages à des degrés divers. Le nombre peu élevé des échantillons ne suffit cependant pas à fournir la preuve d'une relation de cause à effet entre l'état des mycorhizes et l'importance des dégâts de l'arbre.

Des cultures pures des deux espèces de champignons mycorhiziens étudiés, *Suillus luteus* et *Pisolithus tinctorius*, ont montré qu'une adjonction de fluor au milieu de culture freinait nettement la croissance.

EINLEITUNG

Ein geschädigter oder absterbender Baum zeigt oberirdisch verschiedene sichtbare Symptome wie Vergilbung, Blattverlust, Wachstumsrückgang. Über die Schadsymptome im unterirdischen Teil des Baumes - in den Wurzeln - weiss man jedoch recht wenig. Der Grund dafür ist einfach: Die Wurzeln liegen unter der Erdoberfläche verborgen und der methodische Weg zur Beurteilung von Wurzeln ist erheblich mühsamer und arbeitsaufwendiger als bei oberirdischen Pflanzenteilen.

Wenn man sich mit den Wurzeln befasst, besonders im Zusammenhang mit Schadstoffeinflüssen, muss man die Tatsache mitberücksichtigen, dass Wurzeln eng vergesellschaftet sind mit Wurzelpilzen, den sogenannten Mykorrhizapilzen. Diese Pilze übernehmen wichtige Funktionen in der Nährstoffaufnahme des Baumes und in seinem Abwehrverhalten gegenüber pathogenen Bodenorganismen. Sie sind also in einem gewissen Sinn mitverantwortlich für den Gesundheitszustand des Baumes.

¹Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), 8903 Birmensdorf.

Die vorliegende Untersuchung soll abklären, ob sich jahrzehntelang andauernde Fluorimmissionen und die damit verbundene Kontamination des Bodens mit Fluor schädigend auf die Mykorrhizaverhältnisse auswirken. Neben Felduntersuchungen im Einflussbereich des Aluminiumwerkes Chippis wurden zusätzliche Laborversuche durchgeführt, um die Wirkung von Fluor auf das Wachstum von Mykorrhizapilzen experimentell zu überprüfen.

Aufgrund von Literaturhinweisen ist eine schädigende Wirkung von Fluor auf die Mykorrhiza zu erwarten. Durch Fluor im Boden freigesetzte Al-Ionen wirken im Wurzelbereich phytotoxisch (Tischner et al., 1983); sie beeinflussen zudem das bodenbiologische Gleichgewicht. Williamson et al. (1975) haben nachgewiesen, dass lösliches Fluorid die beta-Glycerophosphatase hemmt. Dieses Enzym ist im Pilzmantel von mykorrhizierten Feinwurzeln lokalisiert und liefert nach Bartlett et al. (1973) einen wichtigen Beitrag im Rahmen der Phosphoraufnahme der Pflanze. Fluor gilt im übrigen für Pilze weder als Nährstoff noch als essentielles Spurenelement (Griffin, 1981).

METHODEN

Felduntersuchungen

Im Mai 1982 wurden entlang einer Immissionsgradienten, ausgehend vom Werk Chippis in Richtung ENE, an drei verschiedenen Standorten (1, 2,75 und 5,5 km Distanz vom Werk) Wurzelproben entnommen. Pro Standort wurden 2 bis 5 Bäume (*Pinus sylvestris* L.) mit unterschiedlichem Schädigungsgrad ausgewählt. Die Nullprobe stammt von einem vergleichbaren Standort in der Nähe von Sembracher (VS). Pro Baum wurden 2 Proben genommen (Stechzylinder, Durchmesser: 6 cm, Tiefe: 10 cm). Die ausgewachsenen Wurzeln wurden auf ihren Mykorrhizierungsgrad und auf den morphologischen Zustand der Mykorrhiza untersucht.

Laborversuche

Die getesteten Pilze *Suillus luteus* (L. ex Fr.) S.F. Gray (Herkunft Pfnwald) und *Pisolithus tinctorius* (Mich. ex. Pers.) Cocker et Couch (Herkunft Athens, USA) wurden in Petrischalen auf einem Agar-Nährmedium (MMN) vorkultiviert und dann auf neue Nährmedien übertragen, denen Fluor in Form von NaF in verschiedenen Konzentrationen beigemischt wurde: 15ppm, 30ppm, 45ppm NaF (das entspricht ca. 7, 14, 21 µg F/ml). Diese

Konzentrationen liegen im Bereich der im Pfywald gemessenen Werte (POLOMSKI *et al.*, 1981). Sie liegen über den F-Konzentrationen im Bodenwasser (0.3 bis 8.2 ug F/ml), sind jedoch kleiner als die Konzentrationen des extrahierten wasserlöslichen Fluors (13 bis 159 ug F/ml).

Als Mass für das Wachstum dient der Durchmesser der Pilzkolonie (radiales Wachstum).

In einem analogen Versuch wurden verschiedene Stämme von *Suillus luteus*, die in unterschiedlicher Distanz von der Emmissionsquelle (Werk Chippis) isoliert wurden, miteinander verglichen. Dieser Versuch soll Hinweise liefern über eine allfällige Resistenzbildung des Pilzes gegenüber Fluor als Folge des langjährigen Fluoreintrages.

RESULTATE

Felduntersuchungen

Die Auswertung der Wurzelproben ergibt ein sehr heterogenes Bild. Es konnte zwar in verschiedenen Proben ein grosser Anteil an Mykorrhizen gefunden werden, die in ihrem Habitus vom «normalen» Bild abweichen. Sie zeigen einen eigenartig verkrüppelten Habitus mit vielen Einschnürungen. Im mikroskopischen Querschnitt sind die Wurzelzellen deformiert. Auch wurden im Verhältnis lebende/tote Feinwurzeln grosse Unterschiede festgestellt.

Eine Korrelation dieser Erscheinung mit der Schädigung des Baumes oder mit der Distanz vom Werk und somit mit der unterschiedlichen Fluorbelastung ist jedoch nicht möglich. Und zwar deshalb, weil die Daten zu stark streuen, das heisst, die Wurzel- und Mykorrhizaverhältnisse sind kleinstandörtlich sehr inhomogen, sodass sich kein einheitliches Bild ergibt. Die Streuung der Daten innerhalb eines Baumes oder sogar innerhalb einer Probe sind dabei nicht oder nur unwesentlich kleiner als zwischen verschiedenen Bäumen oder Standorten.

Zudem ist es äusserst schwierig, andere, die Mykorrhiza beeinflussende Standortseinflüsse auszuklammern. So unterscheiden sich - um nur ein Beispiel zu nennen - die einzelnen untersuchten Standorte sehr stark in bezug auf die Wasserverhältnisse (windexponierte Kretenlage, Muldenlage in Talsohle).

Um eventuelle Korrelationen zwischen Mykorrhiza und Gesundheitszustand des Baumes untersuchen zu können, müsste die Probenanzahl ganz erheblich vergrössert und die mikroökologischen Verhältnisse mitberücksichtigt werden, was den Rahmen dieser Untersuchung sprengen würde.

Laborversuche

Wie Abb. 1 zeigt, wird das Wachstum des Mykorrhizapilzes *Suillus luteus* in Reinkultur durch NaF ganz deutlich gehemmt, und zwar mit zunehmender Konzentration von NaF im Nährmedium.

Bei Konzentrationen von NaF unter 4 ppm ist eine leichte Förderung des Wachstums zu beobachten (in Abb. 1 nicht berücksichtigt), die dann ab 8 ppm NaF in eine Hemmung übergeht. *Pisolithus tinctorius* zeigt einen analogen Kurvenverlauf, doch liegt bei diesem Pilz die Hemmschwelle etwas höher (leichte Wachstumsförderung bis 15 ppm NaF, darüber deutliche Hemmung).

Dieser Effekt der Wachstumsförderung bei geringen NaF-Konzentrationen ist möglicherweise auf Komplexbildungen im Nährmedium zurückzuführen (Komplexierung von anderen wachstumshemmenden Komponenten des Nährmediums durch Fluorid). Es zeigte sich zum Beispiel, dass Citrat-Ionen die Wirkung von NaF aufheben. Wird Kaliumcitrat durch Kaliumchlorid ersetzt, zeigt sich wieder die konzentrationsabhängige Hemmwirkung von NaF.

Die in unterschiedlicher Distanz vom Werk Chippis isolierten Pilzstämme von *Suillus luteus*, unterschieden sich nicht in Bezug auf ihre Reaktion auf NaF. Das heisst, der Mykorrhizapilz *Suillus luteus* scheint keine Resistenzbildung als Folge der langjährigen Kontamination mit Fluor zu zeigen.

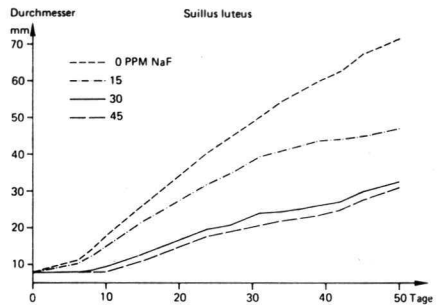


Abb. 1. Wachstumskurven von Reinkulturen des Pilzes *Suillus luteus* (L.ex.Fr.) S.F. Gray unter Beigabe von NaF in verschiedenen Konzentrationen ins Nährmedium (MMN).

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die untersuchten Mykorrhizapilze zeigen im Reinkulturversuch einwandfrei eine konzentrationsabhängige Wachstumshemmung durch Fluor. Es ist jedoch problematisch, diese in einem künstlichen und sterilen System erbrachten Resultate auf natürliche Verhältnisse zu übertragen. Umsomehr als die Felduntersuchungen keine interpretierbaren Resultate liefern.

Um zu schlüssigen Aussagen über Zusammenhänge zwischen Mykorrhizaverhältnissen und Schädigungsgrad des Baumes zu kommen, müsste die

Probenanzahl in derartigen Felduntersuchungen um ein Vielfaches grösser sein. Aufgrund der experimentellen Untersuchungen ist jedoch zumindest anzunehmen, dass durch einen erhöhten Fluorgehalt im Boden das mikrobielle Gleichgewicht gestört wird.

Zusammenfassung

Ein Vergleich der Mykorrhizen von unterschiedlich stark geschädigten Bäume (*Pinus sylvestris*) zeigt zwar gewisse morphologische und anatomische Unterschiede; schlüssige Aussagen über einen Zusammenhang zwischen den Mykorrhiza-verhältnissen und dem Schädigungsgrad des Baumes sind jedoch aufgrund einer zu geringen Probenanzahl nicht möglich.

Im Reinkulturversuch lässt sich bei den beiden untersuchten Mykorrhizapilzen *Suillus luteus* und *Pisolithus tinctorius* durch Beigabe von Fluor ins Nährmedium eine deutliche Hemmung des Wachstums nachweisen.

Literatur

- BARTLETT, E.M., D.H. LEWIS. 1973. Surface phosphatase activity of mycorrhizal roots of beech. *Soil. Biol. Biochem.*, 5: 249-257.
- GRIFFIN, D.H. 1981. *Fungal Physiology*. New York.
- POLOMSKI, J., H. FLÜHLER, P. BLASER. 1981. Fluorschäden im Walliser Rhonetal. V. Kontamination des Bodens durch Fluorimmissionen. *EAFV Mitt.* 57/4: 479-499.
- TISCHNER, R., U. KAISER, A. HÜTTERMANN. 1983. Untersuchungen zum Einfluss von Aluminium-Ionen auf das Wachstum von Fichtenkeimlingen in Abhängigkeit vom pH-Wert. *Forstw. Cbl.*, 102: 329-336.
- WILLIAMSON, B., I.J. ALEXANDER. 1975. Acid phosphatase localised in the sheat of beech mycorrhizae. *Soil. Biol. Biochem.*, 7: 195-198.

